Aus der Orthopädischen Klinik König Ludwig Haus Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. A. Rütt

Wachstumsabhängige Veränderungen der humeralen Insertion des Ligamentum collaterale ulnare

Inaugural - Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Karl Georg Reinhardt
aus Mittelrode

Würzburg, den 1. Juni 1982

Aus der Orthopädischen Klinik König Ludwig Haus Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. A. Rütt

Wachstumsabhängige Veränderungen der humeralen Insertion des Ligamentum collaterale ulnare

Inaugural - Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Karl Georg Reinhardt
aus Mittelrode

Würzburg, den 1. Juni 1982

Referent:	Professor Dr. med. W. Küsswetter
Korreferent:	Professor Dr. med. A. Rütt
Dekan:	Professor Dr. med. K.-A. Bushe

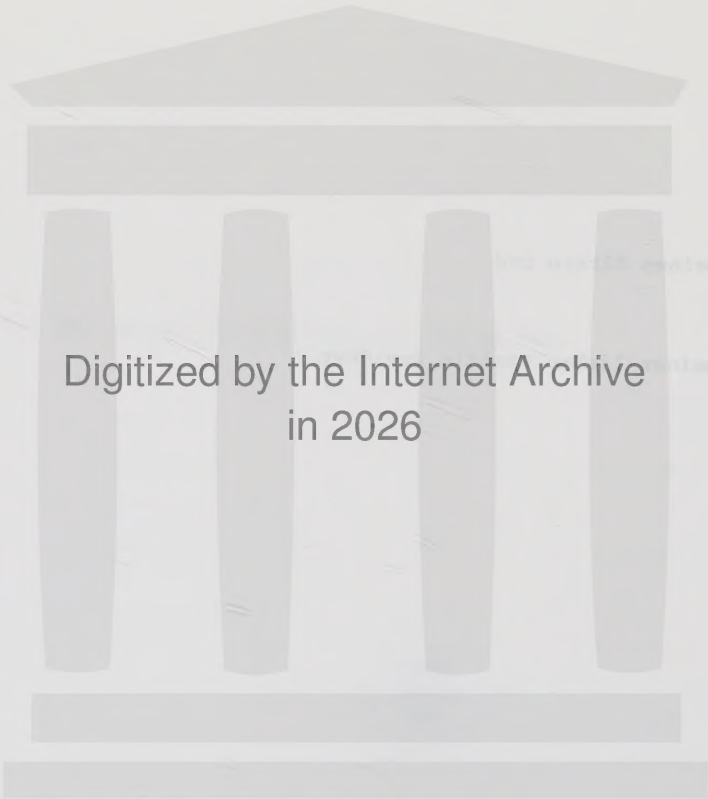
Tag der mündlichen Prüfung: 22. Dezember 1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

Meinen Eltern und

meiner lieben Familie gewidmet


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543526_0023

"Die Verkalkungslinie des Knorpels bleibt immer deutlich sichtbar und das ganze Bild gehört, vor allem im polarisierten Licht, zu dem reizvollsten, das der mikroskopierende Anatom zu Gesicht bekommt."

PETERSEN, H. (1930) (16)

G L I E D E R U N G

1. Einleitung

2. Anatomische und funktionelle Vorbemerkungen

3. Die Bindegewebe und ihre Morphologie

3.1 Allgemeine Klassifikation und Strukturierung
3.1.1 Gewöhnliches lockeres Bindegewebe
3.1.2 Elastisches Bindegewebe
3.1.3 Geformtes straffes Bindegewebe
3.2 Deskription der Fasern
3.2.1 Elastische Fasern
3.2.2 Retikuläre Fasern
3.2.3 Kollagene Fasern
3.2.3.1 Dehnungsverhalten kollagener Fasern gegenüber Reagentien
3.3 Morphologische Struktur im Insertionsbereich des Bandes

4. Eigene Untersuchungen

4.1 Material und Methodik
4.1.1 Präparation
4.1.2 Färbemethoden
4.1.3 Licht- und polarisationsmikroskopische Untersuchungen

4.2 Untersuchungsergebnisse
4.2.1 Licht- und polarisationsmikroskopische Ergebnisse

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1 Insertion

5.2 Das Bindegewebe, Alterungs- und Degenerations-veränderungen
5.2.1 Elastische Fasern
5.2.2 Kollagene Fasern

5.3 Entwicklungsablauf der Bandinsertion

5.4 Bedeutung der Ergebnisse für die Klinik

6. Zusammenfassung

7. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Aufgabe dieser Untersuchung soll es sein, mikroskopisch-histologische Ergebnisse und Erkenntnisse über die humerale Insertion des Ligamentum collaterale ulnare zu gewinnen. Hierbei sind von besonderem Interesse der Insertionsmodus und wachstums- bzw. altersabhängige Unterschiede der Insertion.

Bereits vorhandene ausführliche und umfangreiche Arbeiten über den Aufbau und die Struktur des Sehnengewebes und dessen Insertionsvariationen lassen die Analogie zu, da es sich bei Bändern um ebensolche Bindegewebe handelt, wie bei Sehenen, daß auch ihre Insertionsmodi ähnlich sein werden.

2. Anatomische und funktionelle Vorbemerkungen

Das Ligamentum collaterale ulnare geht vom Epicondylus medialis humeri einheitlich aus und teilt sich dann in einen "vorderen Strang" (Pars anterior), der sich am Seitenrand des Processus coronoideus, und einen "hinteren Strang" (Pars posterior), der sich am Seitenrand des Olecranon befestigt. Zwischen beiden spannt sich noch ein "querer Faserzug" (Pars transversa) aus.

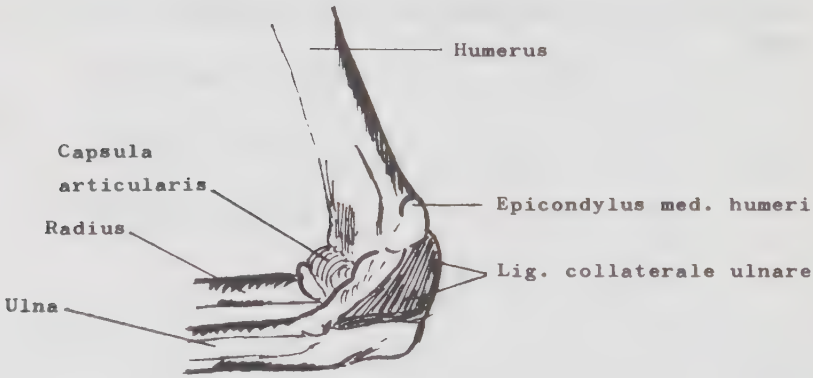


Abb. 1: Das Ligamentum collaterale ulnare cubiti mit humeraler Insertion

Funktionell wirkt sich das zur Articulatio humeroulnaris, einem Scharniergelenk, gehörende Ligamentum verstärkend und stabilisierend aus und stellt im Bewegungsausschlag des Gelenkes eine Begrenzung nach medial dar.
Das Ligamentum anulare radii und die starken Collateralia stellen einen "ausgesprochenen Schutz gegen Verrenkungen dar. Sie sind so kräftig, daß häufiger ihre Knochenverankerungen mit herausreißen, als daß sie selbst nachgeben".
v. LANZ, T., WACHSMUTH, W. (1935) (13)
Die Stabilität des Ellenbogengelenkes wird komplettiert durch die das Gelenk umgebenden Muskel- und Sehnenzüge.

Funktionseinschränkungen des Gelenkes sind durch Traumata, entzündliche und degenerative Prozesse, ebenso durch Tumorbefall möglich.

3. Die Bindegewebe und ihre Morphologie

3.1 Allgemeine Klassifikation und Strukturierung

3.1.1 Gewöhnliches lockeres Bindegewebe

Es besteht aus Interzellular- bzw. Interfibrillarsubstanz, kollagenen, elastischen und argyrophilen Gitterfasern, fixen Bindegewebszellen, Wanderzellen und Granulationszellen, mit einem nach KAISER, E. und STOCKINGER, L. (1971) (10) recht ausgewogenen Verhältnis zwischen Zellen, Fasern und Grundsubstanz. Dieses lockere Bindegewebe begleitet in seiner Funktion als "Begleitbindegewebe" Gefäße und Nerven in die Organe. Es erfüllt demnach als interstitielles Bindegewebe eine gewebsverbindende und gefäßführende Funktion.

3.1.2 Elastisches Bindegewebe

Das elastische Bindegewebe besteht zum größten Teil aus elastischen Fasern bzw. elastischen Netzen oder Platten, wenig Interzellularsubstanz, kollagenen Fasern und Zellen. Dieses Gewebe kommt zwischen den glatten Muskelfasern der Blutgefäße und im "elastischen Knorpel" vor.

3.1.3 Geformtes straffes Bindegewebe

Hier zeigen sich fast ausschließlich kollagene Fibrillen, wenig Zellen und spärliche Interzellularsubstanz. Hauptvertreter dieses Gewebetyps ist die Sehne. Die Fibrillen sind parallel nebeneinander zu Faserzügen angeordnet und mit einer interfibrillären Substanz verbunden. Die einzelnen Faserzüge sind ebenfalls wiederum untereinander parallel ausgerichtet und verbunden.

Eine etwas differenziertere Einteilung des kollagenfaserigen Bindegewebes trifft LEONHARDT, H. (1974) (14). Er unterscheidet zunächst auch ein lockeres faserarmes, zum anderen aber ein straffes faserreiches Bindegewebe. Letzteres unterteilt er noch einmal in geflechtartiges und parallelfaserig angeordnetes Bindegewebe, das in der Sehne verkörpert ist. Geflechtartiges Bindegewebe findet man in Corium und Dura mater und mit feinerer Durchflechtung auch in der Sklera und Lederhaut des Auges.

KAISER, E. und STOCKINGER, L. (1971) (10) nahmen eine noch feinere Graduierung vor, indem sie das "faserreiche Bindegewebe" in sechs Untereinheiten nach Anzahl der Zellen bzw. Fasern und der Menge der Grundsubstanz, sowie dem Vorkommen eingeteilt haben (vgl. dazu Tabelle 1: "Faserreiches Bindegewebe", KAISER, E. und STOCKINGER, L. (1971) (10)).

Tabelle 1:

"Faserreiches Bindegewebe": KAISER, E. und STOCKINGER, L. (1971) (10)

Bindegewebsformen	Zellen	Fasern	Grundsubstanz	Vorkommen/Funktion
interstitielles Bindegewebe	+ +	+ +	+ +	Organbindegewebe, Begleitbindegewebe
membranöses Bindegewebe	+ +	+ +	+	Peritoneum, Pleura usw.
geflechtartiges Bindegewebe	+	+ + +	+	Lederhaut usw.
straff-geflechtartiges Bindegewebe	+	+ + +	+	Kapseln usw.
straff-gekreuztfaseriges Bindegewebe	+	+ + +	+	Fascien, Aponeurosen
parallel-faseriges Bindegewebe	+	+ + +	+	Sehnen (Bänder)

3.2 Deskription der Fasern

3.2.1 Elastische Fasern (Durchm.: 1 - 4 µm)

Diese Art der Fasern kommt fast immer nur in Verbindung mit kollagenen Fasern vor und zeigt vornehmlich ein netzartiges Geflecht. Elastische Fasern, um 100 - 150 % dehnbar, haben die Aufgabe, die kollagenen Fasern nach Beanspruchung wieder in die Ausgangs- oder Ruhelage zurückzuführen und bei Beanspruchung die Kollagenfasern so vorzudehnen, daß ein weiches Anziehen möglich wird.
BENNINGHOFF, A. (1931) (1)

3.2.2 Retikuläre Fasern (Durchm.: 0,2 - 0,1 µm)

In der Literatur werden retikuläre Fasern auch als argyrophile Fasern oder Gitterfasern bezeichnet. Sie zeichnen sich chemisch durch gute Anfärbbarkeit mit Silber und starke PAS - Reaktion aus.
Lichtmikroskopisch betrachtete man sie früher als "Anhängsel" oder "Ausläufer" von kollagenen Fasern hauptsächlich im lockeren kollagenhaltigen Bindegewebe. Elektronenmikroskopisch konnte man dies durch neuere Untersuchungen und Erkenntnisse bestätigen, ja sogar darüber hinaus zu der Hypothese gelangen, in den retikulären Fasern eine Vorform der Kollagenfasern zu sehen, da kontinuierliche Übergänge zwischen beiden Fasertypen beobachtet wurden.

3.2.3 Kollagene Fasern (Durchm.: 1 - 12 µm)

Kollagene Fasern setzen sich aus vielen im entspannten Zustand gewellt verlaufenden Fibrillen zusammen. Die kollagenen Fasern kommen mehr oder weniger in allen Bindegeweben vor. Sie sind mit saurem Farbstoff anfärbbar und aufgrund ihrer Fähigkeit zur Doppelbrechung gut polarisationsoptisch darstellbar.

3.2.3.1 Dehnungsverhalten kollagener Fasern

Kollagene Fasern besitzen mit ihrer zarten Längsstreifung zwar eine gewisse Festigkeit und sind sehr biegsam, aber wenig dehnbar. KOPSCH, F. (1955) (11)

Neuere Untersuchungen von NEMETSCHEK und BOWITZ geben Auskunft über die Dehnbarkeit von Kollagenfibrillen. Das Biopolymer Kollagen stellt sich als "Hauptbestandteil der Sehnen und Bänder" und als "Muskelkraftüberträger" dar und "zeichnet sich deshalb durch eine relativ hohe Zugfestigkeit aus."
Die beiden Autoren fanden ferner den licht- und polarisationsmikroskopischen Beweis, daß die zu Sehnenfasern gebündelten Fibrillen größtenteils parallel zueinander ausgerichtet sind und an entspannten Fasern keine "schraubenartige" Welligkeit, sondern eine "planare" zeigen.

a) unelastische Dehnung
   Hierbei kommt es durch Parallelausrichtung und Längenzunahme von 0,7 - 1 % maximal zu reversibler Glättung der gewellten Fibrillen.

b) Elastische Dehnung
   Eine Dehnung der Fibrillen mit einer Längenzunahme von mehr als ca. 3,5 % über den plastischen Bereich hinaus, führt zum irreversiblen Ausfall der Faserwelligkeit.
   NEMETSCHEK, T. und BOWITZ, R. (1974) (15)

3.2.3.2 Verhalten kollagener Fasern gegenüber Reagentien

Durch Anwendung von Kalkwasser, Barytwasser, übermangansaurem Kali, Pikrinsäure usw. kann man das Faserbündel in seine einzelnen Fibrillen zerlegen, indem die genannten Mittel die Interfibrillarsubstanz auflösen. Auf Zusatz verdünnter Säuren, z.B. Essigsäure, quellen die Bündel auf und werden gallertartig durchsichtig. Sie lösen sich im Magensaft, aber nicht in Trypsin und liefern beim Kochen Leim. Die kollagenen Fasern jugendlicher Personen sind weniger resistent gegen die genannten Einwirkungen. Mit zunehmendem Alter werden sie fester und widerstandsfähiger. KOPSCH, F. (1955)

3.3 Morphologische Struktur im Insertionsbereich des Bandes

Untersuchungen von DOLGO - SABUROFF, B. (1929) (7), SCHNEIDER, H. (1959) (18) und neuere Arbeiten von COOPER, R. R. und MISOL, S. (1970) (3) eruierten lichtmikroskopisch und letztgenannte auch rasterelektronenmikroskopisch im Insertionsgebiet von Sehnen und Bändern vier "Zonen":

a) Band oder Sehne
   Diese bestehen aus mehr oder weniger parallel verlaufenden kollagenen Fasern mit eingelagerten spindelförmigen Zellen.

b) Faserknorpel (150 - 400 µm Breite)
   In dieser Zone findet man dieselben kollagenen Faserbündel wie in Band und Sehne. Die Zellen lagern sich hier zu Paaren oder Reihen, werden rund und liegen in Lakunen einer extrazellulären Matrix zwischen den Kollagenfasern.

c) Mineralisierter Faserknorpel (100 - 300 µ Breite)
Diese Zone ist scharf von der letztgenannten durch eine "blue line", die sich quer zum Verlauf der kollagenen Fasern hinzieht, abgesetzt. Diese "blue line" läßt sich besonders gut in der PAS-Färbung darstellen und entsteht durch Kalkeinlagerung.

d) Lamellärer Knochen,
der sich der unregelmäßigen Kontur des angrenzenden mineralisierten Faserknorpels anlegt.

4. Eigene Untersuchungen

4.1 Material und Methodik

Zur Präparation und Untersuchung standen mir humane Armpräparate zur Verfügung, die alle mit einem unversehrten Ligamentum collaterale ulnare versehen waren. Insgesamt wurden 23 Präparate untersucht, die sich folgendermaßen auf fünf verschiedene Altersgruppen verteilten:

Gruppe	Alter		Anzahl der Präparate
A	Neugeborene	bis 3. Monat	9
B	4. Monat	bis 6 Jahre	3
C	7 Jahre	bis 19 Jahre	1
D	20 Jahre	bis 60 Jahre	5
E	60 Jahre	und älter	5

Diese Einteilung in Altersabschnitte erscheint nicht ganz unproblematisch, da man in vivo ja fließende Übergänge von einer Gruppe zur anderen findet und Grad und Ausprägung gewisser Reifungs- und Alterungserscheinungen individuellen Schwankungen unterworfen sind.

4.1.1 Präparation

Das Ligamentum collaterale ulnare wurde samt Epicondylus medialis vom übrigen Humerus abgetragen, sodaß die humerale Insertion des Bandes unbeschädigt blieb. Um das gesamte Insertionsgebiet des Bandes in seinem Querschnitt untersuchen zu können, spaltete ich das Band einschließlich Epicondylus

medialis längs der Bandrichtung. Die so erhaltenen 46 Gewebsproben wurden in 4 %igem Formalin fixiert, mit 25 %iger Titriplex - Lösung entkalkt, in Paraffin eingebettet und zu ca. 5 µ dünnen Schnitten verarbeitet. ROMEIS, B. (1968) (17)

4.1.2 Färbemethoden

Folgende Färbemethoden wurden in dieser Untersuchung angewendet:

1. Färbung in der Methode nach MASSON - original zur Darstellung kollagener Strukturen,
   Bindegewebe: blau
   Kerne : braun - schwarz

2. Resorchin - Fuchsin / v. GIESON Färbung
   zur Darstellung elastischer Fasern,
   elastische Fasern: blau - violett bis schwarz - blau
   kollagene Fasern : leuchtend rot
   Kerne : braun - schwarz
   Knochen, Knorpel : rot

3. Färbung nach GIEMSA
   zur Darstellung der Kerne,
   Kerne : dunkelblau
   Bindegewebe: hellrot bis rosa

4. Färbung in der Methode nach GOMÖRY
   zur Darstellung kollagener und argyrophiler Fasern,
   Retikulinfasern: schwarz

5. PAS - "Färbung"
   (PAS - Reaktion erfolgt durch Mucopolysaccharide und Lipoide)

Die histologischen Präparate wurden danach der Licht- und polarisationsmikroskopischen Untersuchung unterzogen.

4.1.3 Licht- und polarisationsmikroskopische Untersuchungen

Anhand der Lichtmikroskopie ließ sich die Feingeweblichkeit der vorliegenden Bindegewebe untersuchen. Über wachstumsabhängige Dichtegradunterschiede sollte das Polarisationsmikroskop durch seine Doppelbrechung Aufschlüsse erbringen.
Für beide mikroskopische Verfahren wählte ich die Objektivvergrößerungen 4fach, 10fach und 25fach bei einer Okularvergrößerung von 12,5fach. Stärkere Objektivvergrößerungen über 25fach brachten vor allem beim Polarisieren keine wesentlichen optischen Vorteile, sodaß auf sie verzichtet werden konnte.

4.2 Untersuchungsergebnisse

4.2.1 Licht- und polarisationsmikroskopische Ergebnisse

Auf die Frage, ob und wie sich histologisch im Licht- und Polarisationsmikroskop die Struktur und die Insertionsverhältnisse des Ligamentum collaterale ulnare mit zunehmendem Alter darstellen und verändern, konnten folgende Ergebnisse als Antwort gefunden werden.
Ähnlich dem bindegewebigen Aufbau der Sehne lag auch allen Präparaten des Bandes eine einheitlich organisierte Kollagenstruktur zugrunde, wobei elastische Fasern nicht beobachtet werden konnten.

Degenerative Veränderungen der Kollagenfasern im höheren Lebensalter, wie sie DAHMEN, G. (1964) (4) und (1966) (6) charakterisierte, waren weder durch Makroskopie, noch durch Licht- und Polarisationsmikroskopie festzustellen.
Histologisch zeigten sich zwei grundsätzlich konträre altersabhängige Insertionstypen (perichondral mittels Periost

und andererseits chondral bzw. ossär) und "Mischtypen" aus beiden Formen, die man auch unter dem Aspekt der Alterung als "Übergangsformen" bezeichnen könnte (s. Tabelle 2 dazu).

a) Perichondrale Insertion

Bei postnatalen und kleinkindlichen Präparaten fand sich in einigen Präparaten eine perichondrale und in anderen eine chondrale Insertion.Man sah bei dem Typus der perichondralen Insertion kollagene Fasern, die in das Perichondrium einstrahlten, bzw. sich tangential an das Stratum fibrosum anlegten und mit ihm verschmolzen.

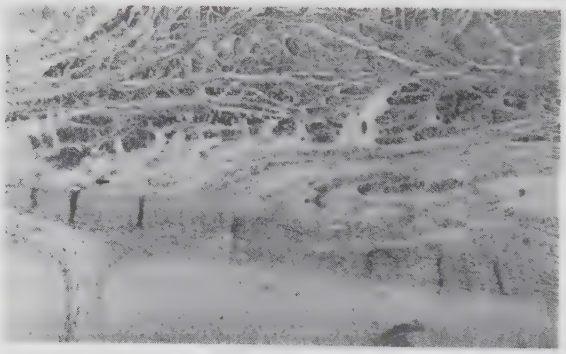
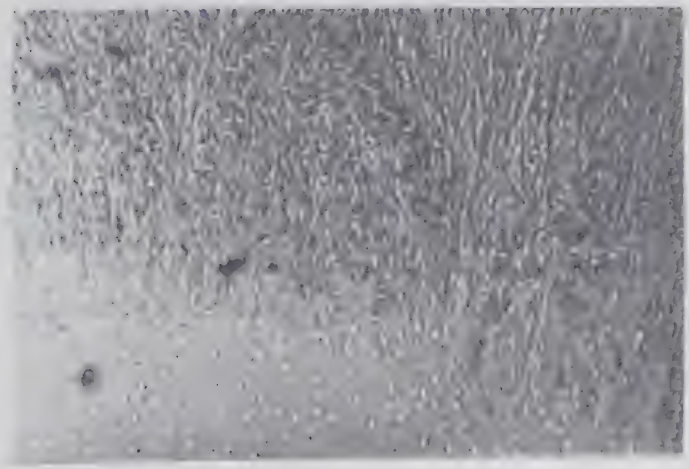


Abb. 2: Perichondrale Insertion bei Kleinkindern. Kollagenfasern lagern sich tangential dem Stratum fibrosum an.

b) Chondrale Insertion

In manchen Präparaten war eine chondrale Insertion mit Fasern, die direkt am apophysären Knorpel anhefteten, zu sehen.

Abb. 3 und Abb. 4: Chondrale Insertion direkt im apophysären Faserknorpel.



Ferner erkennt man in Abb. 4 besonders anschaulich ein aufgelockertes nicht streng parallel verlaufendes kollagenes Fasergewebe.

c) Perichondrale und chondrale Mischinsertion
Relativ früh, nämlich im Alter der Gruppe B (4. Lebensmonat bis 6 Jahre), liegt der erste Misch- oder Übergangstyp mit einem Nebeneinander von perichondraler und chondraler Insertion.

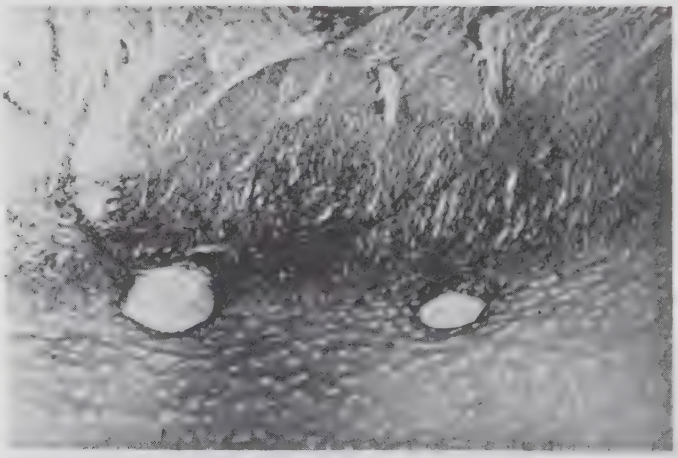


Abb. 5: Perichondrale und chondrale Mischinsertion. Zu beiden Bildrändern nach rechts und links hin löst sich die perichondrale Struktur auf. Die beiden artefiziell entstandenen runden Periostablösungen geschahen bei der Präparation und deuten auf eine relativ leichte Ablösbarkeit des Periostschlauches, oder wie hier im Bild von Teilen desselben, vom übrigen Knorpel hin.

Das Bindegewebe der bisher genannten Insertionsformen des Altersabschnittes von Geburt bis zum Einschulungsalter wies allgemein lockere, mehr netzartige und feinfaserige Strukturen auf. Es fanden sich auch mehr Grundsubstanz und größerer Zellreichtum als in den Gruppen der Älteren.

d) Chondrale und ossäre Mischinsertion
Die Gruppe der älteren Kinder und Jugendlichen bis zum 19. Lebensjahr zeigte Kollagenfasern, die teilweise ihre Fixation im Apophysenknorpel, als auch im Knochen selbst suchten, wie es dem Erwachsenentypus entsprach.
Hier zeichnete sich bereits eine deutliche Tendenz zur Erwachseneninsertion mit beginnender knöcherner Verankerung ab.

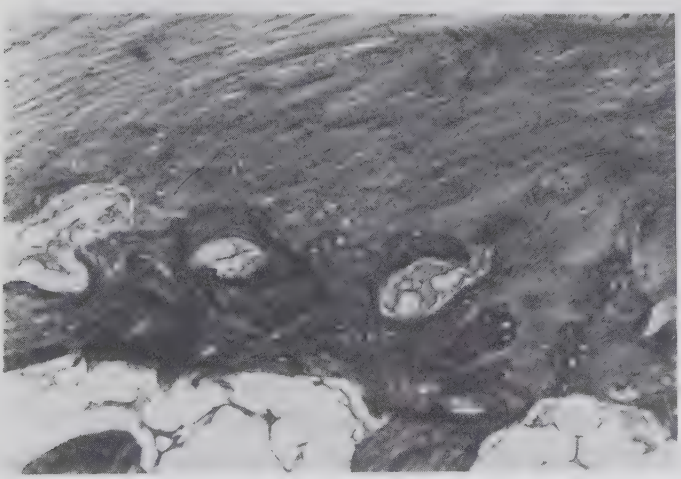


Abb. 6: Chondrale und ossäre Mischinsertion.

Der periphere Apophysenknorpel schwand mit zunehmender Ossifikation immer mehr, sodaß sich eine Mischung aus chondraler und ossärer Insertion einstellte. Die schon recht straff organisierten Kollagenfasern schmiegten sich hierbei zunehmend häufiger an die Knochenlamellen an.

e) Ossäre Insertion

Bei der reinen ossären Insertion des Erwachsenenalters beginnend etwa mit dem Abschluß des Knochenwachstums reichten die kollagenen Fasern bis an den Lamellenknochen heran, wobei das Periost bei dieser Art der Insertion fehlte.

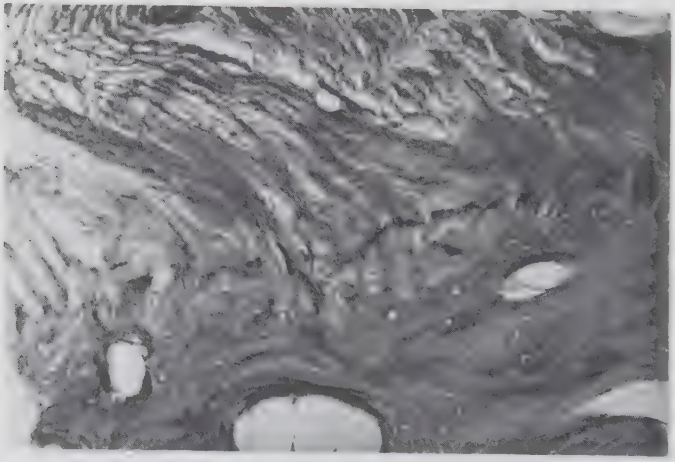


Abb. 7: Ossäre Insertion des Erwachsenen.
Die Kollagenfasern strahlen direkt in den Knochen und verankern sich dort. Es findet sich im gesamten Bereich dieses Insertionstypus kein Apophysenknorpel mehr.

Allein dieser knöcherne Insertionsmodus wies in fast allen Präparaten der Erwachsenengruppen in allen Färbungen, besonders deutlich aber in der PAS-"Färbung", zwischen unmineralisiertem und mineralisiertem Faserknorpel einen Verkalkungssaum, die "blue line", wie diese von COOPER et al. (1970) (3) beschrieben wurde, auf.
Dies gilt auch teilweise für die Gruppe C der Jugendlichen. Dort, wo die Fasern knöchern inserierten, zeigte sich ebenfalls eine "blue line".

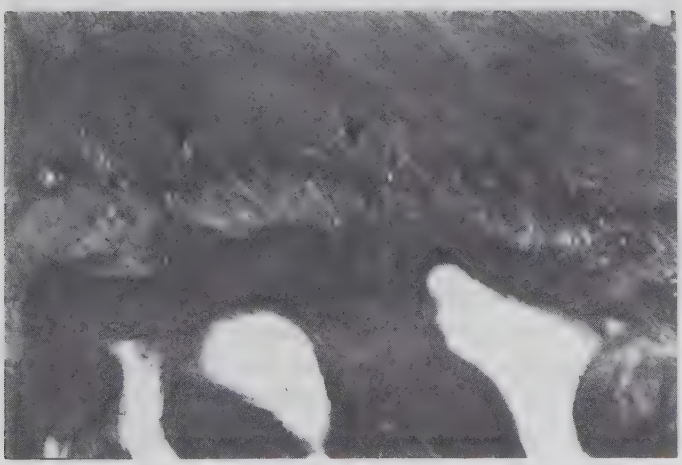


Abb. 8: Ossäre Insertion mit Darstellung der "blue line" zwischen unmineralisiertem und mineralisiertem Faserknorpel (Pfeile).

Man sah lichtmikroskopisch mit zunehmendem Alter eine Dichtezunahme des Gewebes und polarisationsoptisch eine Zunahme der Doppelbrechung.

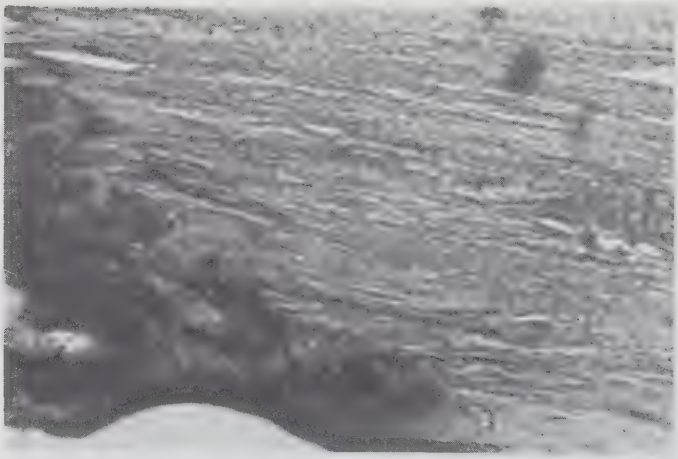


Abb. 9: Straff parallelfaseriges Bindegewebe.
Streng einheitlich organisierter Faserverlauf in Zugrichtung. Auf diesem Bild zeigt sich eine mittelmäßige Osteonendichte.

Untersuchungsergebnisse im einzelnen:
(vgl. dazu Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse)

Bei 4 Präparaten der insgesamt 9 Präparate der Gruppe A (Neugeborene bis 3. Lebensmonat) fand sich ein perichondraler Insertionsmodus. Ebenso konnte diese Art der Insertion in der Gruppe B (4. Lebensmonat bis 6 Jahre) mit 2 Präparaten festgestellt werden. Ein chondraler Insertionsmodus war bei 3 Präparaten der Gruppe A zu sehen. Hier fand man kein Perichondrium mehr und die Kollagenfasern reichten bis in den apophysären Knorpel hinein.
Ein Misch- oder Übergangstyp (perichondral und chondral) der Insertion konnte man in den Gruppen A und B bei 3 Präparaten beobachten.
Der oben erwähnte reine chondrale Insertionsmodus setzte sich in der Gruppe C (7 Jahre bis 19 Jahre) mit nur einem Präparat zusammen mit einer beginnenden ossären Verankerung fort, sodaß man hier von einer chondro - ossären Mischinsertion mit mittelmäßiger Osteonendichte und strekkenweise angedeuteter "blue line" sprechen kann. Denn da, wo Knorpel und Band aneinanderstießen, stellte sich eine chondrale Verbindung ein, andererseits sah man dort, wo Knochen und Band in Kontakt traten, eine ossäre Verankerung der Kollagenfasern.

Die beiden letzten Gruppen D (20 Jahre bis 60 Jahre) mit 5 Präparaten und E (über 60 Jahre) ebenfalls mit 5 Präparaten bestachen in ihrem einheitlichen ossären Insertionsmodus und dem Vorhandensein einer durchgehenden "blue line" in allen Fällen bis auf einen der Gruppe E. Allerdings fand sich hier ein unterschiedliches Muster der Osteonendichte.

In drei Fällen der Gruppe D stellte ich mittelmäßige und jeweils einmal starke und einmal mäßige Osteonendichte fest. Das Verhältnis der Gruppe E bezüglich der Osteonendichte von stark über mittelmäßig nach mäßig war hier 3 : 1 : 1.

Die Kollagenfasern betteten im allgemeinen in mehr oder weniger allen untersuchten Präparaten die Knorpelzellen bzw. Osteonen, teils paarweise oder zu mehreren kettenförmig oder perlschnurartig aneinandergereiht, in die Zwischenräume einer dem jeweiligen Insertionstyp adäquaten Bindegewebe, sei es nun locker - netzartig oder straff - wellig organisiert, ein.

Das Bindegewebe bestand in allen Gruppen vornehmlich aus kollagenen wellig und parallellaufenden Fasern, die in den Altersgruppen C, D und E sehr straff organisiert waren und streng in Zugrichtung verliefen.

Die Altersgruppen A und B zeigten neben dem parallelfaserigen Verlauf eine mehr lockere bis netzartige Bindegewebsanordnung mit mehr oder minder großen Zwischenräumen inmitten der Fasern und Faserbündel.

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse

		A (9)*	B (3)*	C (1)*	D (5)*	E (5)*
Insertionstypus	perichondral	4	2	-	-	-
	Mischtyp (perich.-chondr.)	2	1	-	-	-
	chondral	3	-	-	-	-
	Mischtyp (chondr.-ossär)	-	-	1	-	-
	ossär	-	-	-	5	5
	nicht klassifizierbar	-	-	-	-	-
relative mittlere Osteonendichte	mäßig	-	-	-	1	1
	mittelmäßig	-	-	1	3	1
	stark	-	-	-	1	3
"blue line"		-	-	streckenweise vorhanden	5	4

* Zahlen in Klammern hinter den Gruppen bedeuten Anzahl der Präparate der jeweiligen Gruppe

5. Diskussion der Ergebnisse

Die altersspezifischen Untersuchungen ergaben im Hinblick auf wachstumsbedingte Strukturveränderungen des Bindegewebes eines Bandes nachfolgende Aufschlüsse.

5.1 Insertion

Schon HAVERS, C. (1691) (9) beschreibt in seinem Werk "Osteologia Nova" aus dem Jahre 1691 zwei Möglichkeiten der Sehneninsertion: einer periostalen und einer ossären, wobei letztere dadurch zustande kommt, daß nämlich bei hoher Zugbeanspruchung, Sehnen das Periost durchdringen und unmittelbar im Knochen inserieren, "... the tendons of many muscles do propagate their fibers to make some part of the periosteum; yet, I have observed, that some of them, which have often a great stress or dependence upon them, when they act, have not been so kind, but penetrated this membrane and were immediately inserted into the bone; so that I could distinguish the periosteum, which lay like a circle round them ...". (zit. nach COOPER, R. R. und MISOL, S. (1970) (3))

1856 spricht SHARPEY, W. (1856) (21) von "perforating fibers", die in den Knochen einstreben, wie Nägel schräg oder senkrecht in ein Brett eingeschlagen und dort sozusagen verankert sind. Bei dieser Art der Insertion komme dem Periost zusätzliche Haltefunktion zu "... to give firmer hold to the tendons and ligaments, where they are fixed to bones". Diese Haltefunktion kann natürlich nur gewährleistet werden, wenn auch das Periost am Knochen fest anhaftet. Eine radiär pinselförmige Einsprossung kollagener Fasern ("SHARPEYsche Fasern") in den Knochen machen dies möglich.
LEONHARDT, H. (1974) (14) und FRICK, H. et al. (1977) (8)

Als SHARPEYsche Fasern sollte man nur jene Faserbündel bezeichnen, die direkt vom Periost abgehen und in mehr oder weniger senkrechter Richtung in den Knochen eindringen. Auch wenn diese Fasern von SHARPEY treffend als "perforating fibers" bezeichnet wurden, so haben sie aber nichts mit denen durch die Sehnenansatzzonen in den Knochen eindringenden Fasern, den Sehnen- oder Bandfasern, zu tun. SCHNEIDER, H. (1956) (19)

DOLGO - SABUROFF (1929) (7) fand durch seine Beobachtungen über die "Anheftungsstelle" der Katzenpatellarsehne an der Tibia folgende "Zonen":
Die Sehne zeigt in ihrem Verlauf bis zur Anheftung am Knochen "erstens eine Zone von Faserknorpel;
zweitens eine Zone verkalkten faserigen Knorpels und
drittens eine Zone grobfaserigen Knochens, der in lamellösen Knochen übergeht".

Zwischen unverkalktem und verkalktem Faserknorpel konnten der Autor und seine Mitarbeiter "... auf jedem Präparat einen dunklen, regelmäßig gestalteten Streifen sehen, der quer zur Richtung der Sehnenbündel hinzog". Dieser Grenzstreifen zwischen erster und zweiter Zone ist charakteristisch und erlaubt bis zu einem gewissen Grade eine Orientierung zwischen beiden Zonen. In diesem Streifen sieht DOLGO - SABUROFF nichts anderes als einen "optischen Effekt", den er auch schon als Grenze zwischen unverkalkten und verkalkten Schichten hyalinen Knorpels an den Knochenepiphysen beobachtet hat.
Er unterscheidet wie alle vorherigen Autoren ebenfalls aufgrund der Morphologie zwei Befestigungsarten des Muskels am Knochen, eine "periostale" und eine "tendinöse" (ossäre).

COOPER, R. R. und MISOL, S. (1970) (3) konnten die Zonentheorie von DOLGO - SABUROFF verifizieren, heben aber gleich-

zeitig hervor, daß diese Einteilung in die genannten Zonen, die sie nicht nur durch Licht-, sondern auch durch Elektronenmikroskopie eruierten, ein Modell zum besseren Verstehen sei, in Wirklichkeit aber ein verschmolzenes Bild der jeweiligen Zonen mit morphologischen Unterschieden bestehe.

In Anlehnung an PETERSEN, H. (1930) (16), der in seiner Abhandlung "Die Organe des Skeletsystemes" im Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, das Periost als eine überall vollständig anliegende Hülle aus einem derben, eng verflochtenem Gewebe, in das die Sehnenfasern der Muskeln einstrahlen, meint SCHNEIDER, H. (1956) (19), daß ein solch gearteter periostaler Insertionsmodus aber nur für großflächige Ansatz- und Insertionsgebiete gelte. Im Unterschied zur knöchernen Insertion, bei der das Periost von Sehnenfasern durchbrochen wird, verankern sich hier die Fasern im Periost und verschaffen sich so Halt mittels desselben am Knochen.

Nach PETERSEN, H. (1930) (16) strahlen "an der Achillessehne, im Ansatz des Peronaeus brevis, an der Tuberositas tibiae, an den proximalen Ansätzen der Verstärkungsbänder der Fingergelenke, sicher noch an vielen anderen Stellen" die Sehnen und Bänder in einen Faserknorpel ein.

Gleiches erwähnt BRAUS, H. (1954) (2):
Sehr viele Bänder setzen am Knochen durch Vermittlung von Faserknorpel an. Dies ist ein aus der Entwicklungsgeschichte bedingter Zustand. Die Zone, in der Sehnenfasern bzw. Bandfasern in den Knorpel übertreten, läßt sich allgemein als "parallelfaseriger Faserknorpel" bezeichnen. Von der Knochenseite her schiebt sich ein durch enchondrale Ossifikation fortschreitender Knochensaum in Richtung dieses Faserknorpels vor. Die Grenze ist eine typische enchondrale Abtra-

gungsfläche mit besonders langen und spitzen Knorpelzacken. Struktur- und Festigungsgrenze fallen hier nicht zusammen, da die tiefste Schicht des Faserknorpels verkalkt ist.

Nach den beiden letztgenannten Autoren dringen zwar die Kollagenfasern bis in den Faserknorpel vor, doch scheint hierbei die eigentliche ossäre Verankerung zu fehlen. Deshalb fordert SCHNEIDER, H. (1956) (19) und (1959) (18) für die ossäre Insertion, daß die Struktur der Sehnenverankerung eine völlig andere als die periostale Insertion im Bereiche jeder im Querschnitt kleinen Sehne, die aber eine relativ große Muskelleistung auf den Knochen zu übertragen hat, sein muß. Unter extremer Belastung würde sich bei periostaler Insertion das Periost spontan vom Knochen ablösen, wenn die Sehnenfasern nicht selbst im Knochen eingemauert wären.
Auch wenn bei diesem knöchernen Insertionsmodus der Periostüberzug fehlt, so kann es doch sein, "daß hier das Knochenwachstum vom Periost aus vor sich geht". Grund zu dieser Vermutung gibt die Tatsache, daß "große Bezirke der oberflächlichen Knochenzone von Generallamellen aufgebaut sind", ferner "bis zum Ende des Knochenwachstums ein Periost vorhanden ist", dieses Periost aber nach Beendigung des Knochenwachstums "dem Verkalkungsprozeß anheimfällt".
SCHNEIDER, H. (1956) (19)
Die kollagenen Sehnenfasern, die durchweg unverkalkt bleiben, weil sie dadurch außerordentlich in ihrer Funktion gehemmt wären, dringen zunächst durch unverkalkten in den mineralisierten Faserknorpel ein und verstreben sich dann im Knochen.
Der Übergang der Knorpelzone in den Knochen zeigt meist lange, schmale Knorpelfortsätze, in ihrer Gestalt den Coriumpapillen der Haut ähnlich, die in den Knochen hineinragen. Diese

Verzahnung verleiht dieser Verbindung enorme Festigkeit. SCHNEIDER erwähnt zwischen verkalkter und unverkalkter Knorpelzone einen schmalen, sich von der Umgebung durch besonderen Kalkreichtum scharf abhebenden "Kalksaum", der von COOPER et al., wie oben beschrieben, als "blue line" bezeichnet wird.
Die Sehnen- und Bandansatzzonen zeigen inter- und intraindividuelle Unterschiede in der Feinstruktur, die sicherlich besonders durch Alter, Geschlecht und berufliche, sowie sportliche Beanspruchung geprägt werden.
Alle bisher genannten Autoren bezogen sich in ihren Arbeiten vorwiegend auf Untersuchungen an Sehnen und Sehneninsertionen. COOPER, R. R. und MISOL, S. (1970) (3), sowie VIS, J. H. (1957) (23), SENST, W. (1974) (20) und KÜSSWETTER, W. (1979) (12) stellten ähnliche Überlegungen auch für die Bandinsertion an. So beschreibt erstmalig KÜSSWETTER, W. (1979) (12) in seiner Untersuchung an der Membrana interossea, einem Beispiel für ein breitbasig ansetzendes Band, neben dem schon bekannten periostalen und ossären Insertionstypus eine Misch- oder Übergangsform, die auch in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden konnte.

5.2 Das Bindegewebe, Alterungs- und Degenerationsveränderungen

5.2.1 Elastische Fasern

Da elastische Fasern in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden konnten, scheint die Behauptung TAFANI's von 1887 bestätigt, daß im Insertionsbereich von Bändern und Sehnen elastische Fasern fehlen, dagegen sollen sie wohl dort, wo Muskeln direkt am Periost angreifen, nachweisbar sein. Beim Muskelzug sind sie unbedingt nötig, da sie ja die Aufgabe haben, die Kollagenfasern so vorzudehnen, daß sie ihre Kraft kontinuierlich bis zur vollen Stärke entwickeln können.

Gleiches gilt auch für die Rückführung der Kollagenfasern aus ihrer Beanspruchung zum sachten und weichen Entspannen der Kollagenfasern.

5.2.2 Kollagene Fasern

Im jungen kollagenen Bindegewebe findet sich eine aufgelockerte, netzartige Organisation dünner gleichstrukturierter Fibrillen. Dieses Bindegewebe ist ausnehmend reich an Zellen mit wenig differenzierten Kernen.
Mit zunehmender Reifung werden die Fibrillen kräftiger, die Strukturen dichter und damit nimmt insgesamt die Kompaktheit der Faserbündel zu. Dieser Reifungs- bzw. Alterungsprozeß mit Dichtezunahme der Fasern läßt sich polarisationsoptisch in der Zunahme des Doppelbrechungscharakters ablesen.
Das Band erfährt als sichtbare Alterungserscheinungen eine fortschreitende Zunahme der Fasereinheiten ("Kollagenisierung"), streng parallel in Zugrichtung verlaufende kräftige, gewellte Strukturen und eine Abnahme der Bindegewebszellen proportional zur Menge der Faserstrukturen und eine Zunahme von wachstumshemmenden Stoffen.
Histochemisch beginnt die Alterung des Bindegewebes mit Präzipitatbildungen von Proteinen und Polysacchariden und mit der Erhöhung des Polymerisationsgrades in der Grundsubstanz.
Die Erhöhung der Polymerisation zieht eine Dehydratation nach sich und damit eine Verdichtung der Grundsubstanz, da das Wasser an Kolloide der Grundsubstanz gebunden ist, und dadurch nimmt wiederum die Dichte des gesamten Gewebes kontinuierlich zu.
Letztlich scheint für die Alterung des Gewebes seine Beanspruchung maßgebend zu sein, die dann die obengenannten Veränderungen herbeiführt.
SCHNEIDER, H. (1959) (18) und VERZAR, F. (1957) (22)

Von den altersphysiologischen Prozessen sind ganz scharf die degenerativen, pathologischen Veränderungen zu trennen. Diese Klassifizierung scheint allgemein in der Literatur schwierig zu sein.
Bei den Untersuchungen wurden die Beobachtungen von DAHMEN, G. (1964) (4) und (1966) (6) berücksichtigt, der Aufquellungen und Verdickungen der Kollagenfasern als charakteristisch für degenerative Veränderungen bezeichnet, ebenso zunehmende Unkenntlichkeit, Homogenisierung ganzer Faserzüge und allgemeine Strukturlosigkeit bis zum Zerfall. Die Zellkerne nehmen in ihrer Zahl ab und weisen Abrundungserscheinungen mit daran anschließender Kernumwandlung auf.
Polarisationsoptisch nimmt die Doppelbrechung mit zunehmender Degeneration ab.
Zur besseren Verdeutlichung des bisher Gesagten dienen die folgenden wichtigen in einer Synopse zusammengestellten Kriterien zur Unterscheidung der Reifungs- und Alterungsprozesse von den pathologisch degenerativen Prozessen:

I. Danach ist gesundes Bindegewebe gekennzeichnet:
   1. Makroskopisch durch seine feste Konsistenz bei meist glatter glänzender Oberfläche.
   2. Lichtmikroskopisch durch eine regelmäßige und dichte Lagerung der Fasern zu funktionell geordneten Systemen, zwischen denen die Kerne relativ gleichmäßig verteilt liegen. Fett- und Lipoidablagerungen sind kaum nachweisbar.
   3. Im polarisierten Licht durch gleichmäßige Stärke der Doppelbrechung der Fasern gemessen am Gangunterschied.
   4. Im elektronenoptischen Bild durch eine regelmäßige und dichte Packung der Kollagenfibrillen, deren Bündel eine räumliche Zuordnung zueinander in die durch die Funktion bestimmte Systeme erkennen lassen. Die Verteilung der Fibrillendicke zeigt eine Streuung um bestimmte Festwerte, deren einer bei etwa 400 Å liegt. Die Periodenlänge ist gleichmäßig mit etwa 600 Å auszumessen. Die Querstreifen sind gut voneinander zu differenzieren.

5. Röntgeninterferometrisch bei Röntgenweit- und Kleinwinkelbeugungsuntersuchung durch eine regelmäßige Anordnung der sichelförmigen Reflexe in gleichmäßigem Abstand.
6. Histochemisch durch eine gleichmäßige Verteilung der Mucopolysaccharide im Gewebe, wobei im straffen Fasergewebe die neutralen Mucopolysaccharide bei weitem überwiegen.

II. Das alternde Bindegewebe ist kenntlich:

1. Makroskopisch durch eine Eintrocknung des Gewebes, die Oberfläche wird stumpfer.
2. Lichtmikroskopisch durch Abnahme der Grundsubstanz bei relativer Zunahme der Fasern und durch Lipoidablagerungen.
3. Polarisationsmikroskopisch durch Zunahme der Packung der Fasern und damit Zunahme der Doppelbrechung.
4. Elektronenoptisch durch Verschiebung des Verhältnisses Grundsubstanz zu Kollagenfibrillen. Dabei werden die einzelnen Fibrillen dicker. Erst im höheren Alter kann wieder eine Minderung des Fibrillendurchmessers beobachtet werden, dabei ändert sich aber nicht mehr die Länge der Querstreifungsperiode, die ebenso wie die Zahl der Querstreifen zunächst mit dem Alter zunimmt.
5. Röntgeninterferometrisch durch schärfere Ausprägung der Reflexlinien als Ausdruck der dichteren Packung der Fibrillen.
6. Histochemisch durch Abnahme des Gehaltes an sauren Mucopolysacchariden.

III. Demgegenüber ist das degenerierte Bindegewebe gekennzeichnet:

1. Makroskopisch durch eine weiche, oft matschige Beschaffenheit, gelbliche bis bräunliche Verfärbung und oft matte, rauhe Oberfläche.

2. Lichtmikroskopisch durch eine lockere unregelmäßige Lagerung der Fasern, die eine Struktur des Bindegewebes oft nicht mehr erkennen lassen. Dieses oft netzartige, wabige Gewebe ist relativ kernarm, die Kerne verändert, die noch vorhandenen Fasern sind verquollen, aufgefasert oder schollig zerfallen.
3. Polarisationsoptisch durch eine unregelmäßige und gemessen am Gangunterschied deutlich abgeschwächte Doppelbrechung.
4. Elektronenoptisch durch ungeordnete Lagerung der Kollagenfibrillen, oft unter Aufhebung der Grundstruktur des Gewebes und durch Auftreten vieler dünner Fibrillen. Die Verteilung der Fibrillendicke zeigt eine Verschiebung nach links mit Auftreten eines neuen zusätzlichen Maximums bei 50 - 100 Å. Die einzelnen Fasern sind oft aufgelockert oder zerfallen, die Querstreifung ist verkürzt, die Zahl der auszählbaren Querstreifen verringert.
5. Im röntgeninterferometrischen Bild durch allmählichen Verlust der geordneten sichelförmigen Reflexe, bis zuletzt nur noch eine diffuse kreisförmige Streuung bleibt.
6. Histochemisch durch unregelmäßigen und wechselnd starken Nachweis der neutralen Mucopolysaccharide und durch das Auftreten von sauren Mucopolysacchariden im krankhaft veränderten Gewebe.
   DAHMEN, G. (1968) (5)

Primär ursächlich für Alterungsvorgänge und Umstrukturierung des Bindegewebes sind nach SCHNEIDER, H. die stärkere Beanspruchung des Bandes oder der Sehne anzuführen, wie auch der Wechsel des Insertionsmodus von der kindlichen periostalen zur ossären Insertion des Erwachsenenalters zeigt.

Andererseits glaubt DAHMEN, G., daß neben Minderdurchblutung, Traumata, Ernährungsstörungen und Störung des Mucopolysaccharidgleichgewichts eine permanente Reizung und Dauerbelastung zur Degeneration des Bindegewebes führen dürfte.
Diffizil ist es aber, so glaube ich, eine klare Differenzierung zwischen "stärkerer Beanspruchung" mit einer daraus resultierenden altersphysiologischen Veränderung einerseits und einer "Dauerbelastung", die eine Degeneration bewirken soll, vorzunehmen.

5.3 Entwicklungsablauf der Bandinsertion

Insertionsformen:

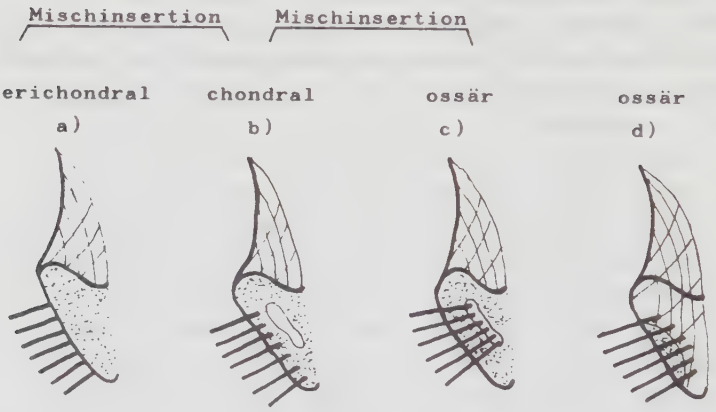


Abb.: Schematische Darstellung des Entwicklungsablaufes des humeralen Bandansatzes des Lig. collaterale ulnare cubiti am Epicondylus medialis humeri bei a) Neugeborenen und Kleinkindern, b) und c) Kindern und Jugendlichen und d) Erwachsenen
(gepunkteter Bezirk: Knorpelzone; schraffierter Bezirk: Knochen)
bei a) und b) Knorpelzone mit Periostüberzug, bei b) und c) liegt innerhalb der Knorpelzone ein Knochenkern

Mir scheint folgendes chronologisches Entwicklungsmodell der Bandinsertion des Ligamentum collaterale ulnare cubiti (s. obiges Schema) denkbar, wie es in ähnlicher Weise für die Sehneninsertion des Musculus extensor digitorum communis am Epicondylus radialis humeri von SCHNEIDER, H. (1959) (18) dargestellt wurde.

Zunächst im Neugeborenen- und Kleinkindalter inserieren die Bänder hauptsächlich mittels Perichondrium am Knorpel. Mit Auftreten der Knochenkerne und allgemeinem Schwund des Knorpelgewebes werden die kollagenen Fasern vom immer mehr zunehmenden Knochen eingebettet und dort verankert. Auf diese Weise entsteht die Mischinsertion der Jugendlichen in der Präpubertät und Pubertät, als auch in der postpubertären Phase, indem sie ein Nebeneinander der chondralen und der ossären Insertion erfährt. Trotz vermehrter Ossifikation mit reifendem Alter sieht man auch im Erwachsenenalter nach Beendigung des Skelettwachstums stets mehr oder minder ausgeprägte Knorpelzonen.

5.4 Bedeutung der Ergebnisse für die Klinik

Aufgrund mangelnder Elastizität der kollagenen Fasern, die zwar dem Band selbst genügend Festigkeit verleihen, aber relativ wenig Dehnbarkeit zulassen, liegt eine Zerreißungsgefahr beim heranreifenden Bindegewebe mit seiner mehr aufgelockerten Struktur nach meiner Meinung eher im Band selbst, wo hingegen das gereifte ossär inserierende Band wegen seiner stärkeren Verankerung im Knochen weniger die Bereitschaft zeigen dürfte, zu zerreißen. Bei dieser ossären Anheftung werden wohl eher knöcherne Anteile mitgerissen werden.
Die Vermutung, daß Gelenkbänder einer hohen Beanspruchung unterliegen, dürfte dadurch gestützt werden, daß die Tendenz zur chondralen bzw. ossären Insertion schon sehr früh eintritt, nämlich bereits im Kleinkindalter, sodaß man wohl annehmen darf, bei überwiegend allen Kindern im Schulalter habe sich eine chondrale Insertion der Gelenkbänder eingestellt. Um das oben Gesagte verifizieren zu können, müßten sich Untersuchungen über Spannungs- bzw. Dehnungszustände, wie sie NEMETSCHEK durchgeführt hat, andererseits Druck- und

Belastungsprüfungen des Bandes, wie SCHALLOCK sie an der Sehne ausführte, jedoch, und dies scheint mir sehr wichtig, unter Einbeziehung der geschilderten Insertionsverhältnisse, anschließen.

6. Zusammenfassung

Das Ligamentum collaterale ulnare, das seinen Ursprung am Epicondylus medialis humeri hat und fächerförmig in die Ulna einstrahlt, ist charakterisiert durch ausschließlich kollagene Fasern, die in ihrer Jugend netzartig, aufgelokkert und zellreich sind.
Mit zunehmendem Alter finden sich Übergangsformen zum straff parallelfaserig organisierten, reifen Bindegewebe des Erwachsenen.
Ebenfalls altersabhängig verhalten sich die Insertionsmodi und deren Übergangsformen, perichondral in der Kleinstkindzeit und mit ossärer Tendenz jenseits dieses Alters.
Eine enge Korrelation besteht zwischen dem Auftreten der "blue line" und dem ossären Insertionstypus.
Gleiches gilt auch für die relative mittlere Osteonendichte, die prozentual im Erwachsenenalter ausgeprägter vorzufinden ist als in der Kindheit und Jugend.
Letztlich darf man wohl auch nicht vergessen, daß bei dem oben Gesagten bisweilen inter- und intraindividuelle Schwankungen und daraus resultierende Zeitverschiebungen des reifenden Bindegewebes als möglich in Betracht gezogen werden müssen.

Dem Referenten, Herrn Prof. Dr. med. W. Küsswetter, danke ich herzlich für die Überlassung des Dissertationsthemas, sowie die allzeit freundliche und hilfsbereite Unterstützung bei der Durchführung und Abfassung dieser Arbeit.

Dem Direktor der Klinik, Herrn Prof. Dr. med. A. Rütt, gilt mein Dank für die Übernahme des Korreferates und die Erlaubnis, an seiner Klinik diese Untersuchungen durchführen zu dürfen.

7. Literaturverzeichnis

1 Benninghoff, A.
Funktionelle Anpassung im Bereich des Bindegewebes.
Verh. dtsch. Ges. Anat. 11 (1931), 95

2 Braus, H.
Anatomie des Menschen.
Bewegungsapparat
Springer, Berlin - Göttingen - Heidelberg
1954, 3. Auflage, Band 1

3 Cooper, R. R., Misol, S.
Tendon and Ligament Insertion.
A light and electron microskopic study
J. Bone Jt. Surg. 52 - A (1970), 1

4 Dahmen, G.
Alterungs- und Degenerationsveränderungen des Bindegewebes in ihrer Bedeutung für die Klinik.
Zeitschr. Rheumaforschung 23 (1964), 393

5 Dahmen, G.
Physiologische und pathologische Veränderungen des Bindegewebes.
Ergebn. Chir. Orthop. 51 (1968), 37

6 Dahmen, G.
Krankhafte Veränderungen des Bindegewebes.
Enke, Stuttgart 1966

7 Dolgo - Saburoff, B.
Über Ursprung und Insertion der Skelettmuskeln.
Anat. Anzeiger 68 (1929), 80

8 Frick, H., Leonhardt, H., Starck, D.
Allgemeine Anatomie.
Thieme, Stuttgart 1977, Band 1

9 Havers, C.
Osteologia Nova.
Smith, London 1691

10 Kaiser, E., Stockinger, L.
Morphologie und Biochemie der Bindegewebe.
Mü. Med. Wochenzeitschr. 113 (1971), 321

11 Kopsch, F.
Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen
Allg. Teil: Gewebelehre
Thieme, Stuttgart 1955, 19. Auflage, Band 1

12 Küsswetter, W., Schmid, K.
Die Membrana interossea antebrachii - das gemeinsame Gelenkband der Radioulnargelenke.
Teil II: Submakroskopische und mikroskopische Struktur
Z. Orthop. 117 (1979), 776

13 v. Lanz, T., Wachsmuth, W.
Praktische Anatomie.
3. Teil: Arm
Springer, Berlin 1935, Band 1

14 Leonhardt, H.
Histologie und Zytologie des Menschen.
Thieme, Stuttgart 1974

15 Nemetschek, T., Bowitz, R.
Biopolymere und Biomechanik von Bindegewebssystemen.
Struktur und Dehnungsverhalten von Kollagen.
Hrsg.: Hartmann, F.
Springer, Berlin - Heidelberg - New York 1974

16 Petersen, H.
Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen.
2. Teil: Die Organe des Skelettsystems
Hrsg.: v. Möllendorff, W.
Springer, Berlin 1930

17 Romeis, B.
Mikroskopische Technik.
Oldenbourg, München - Wien 1968

18 Schneider, H.
Abnutzungserscheinungen der Sehnen und ihre Therapie.
Thieme, Stuttgart 1959

19 Schneider, H.
Zur Struktur der Sehnenansatzzonen.
Zeitschr. Anat. u. Entw.-Gesch. 119 (1956), 431

20 Senst, W.
Beitrag zur feingeweblichen Struktur der
Band - Knochen - Verbindung.
Zbl. Chir. 99 (1974), 275

21 Sharpey, W., Ellis, G. V.
Elements of Anatomy by Joint Quain.
Ed. 6, Vol. 1
Walton & Moberly, London 1856

22 Verzar, F.
The Aging of Connective Tissue.
Kongr. Int. Ass. Geront., Meran 1957

23 Vis, J. H.
Histological investigation into the attachment of tendons and ligaments to the mammalian skeleton.
Konikl. Nederlansch Akad. v. Went. 60 (1957), 147

Lebenslauf

Am 10. Oktober 1949 wurde ich, Karl Georg Reinhardt, als erstes von zwei Kindern des Finanzangestellten Leo Reinhardt und seiner Ehefrau Pauline in Fulda-Mittelrode geboren.

Nach fünfjährigem Volks- und vierjährigem Internatsschulbesuch wechselte ich 1965 zum altsprachlichen Gymnasium "Rabanus-Maurus-Schule" in Fulda, wo ich auch im Juni 1969 das Abitur ablegte.

1971 begann ich nach zweijähriger Bundeswehrdienstzeit mit dem Lehrerstudium für Volksschulen an der Universität Würzburg. Ein Semester später nahm ich parallel zu diesem Studium das Diplom-Psychologiestudium ebenfalls in Würzburg auf. Im Sommer 1974 schloß ich das Lehrerstudium mit erfolgreicher Prüfung für das Lehramt an Grund- und Hauptschulen ab. 1975 fügte sich das Humanmedizinstudium in Würzburg an.

1976 heiratete ich meine Ehefrau Rosita Reinhardt, geb. Wagner, die uns zwei Kinder gebar.

Am 11. 5. 1982 wurde mir nach bestandener ärztlicher Prüfung die Approbation als Arzt erteilt.

Karl G. Reinhardt

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80